

2-2 プラズマ結合形半導体装置

電々公社 通研

鈴木敏正, 水島宜彦

緒言 最近半導体MOS形素子の表面での電荷の転送効果を用いたCCDなどのCharge Transfer Deviceが提案され注目されている⁽¹⁾が、表面反転層の過渡状態を利用してゐるため信号処理時間に上限が存在すること、電荷の転送効率が1より小さいため大容量の場合回路的にregenerativeな機能を附加する必要があることなどが難点となっている。我々は負抵抗素子を用いてこれらと全くの異なる構造をもつ動作機構が全く異なり上記のような難点を持たない装置を考案しその動作を実験的に確かめたので報告する。

動作原理 一般に電流制御形負抵抗特性を有する半導体素子のうちそのスイッチ機構に少数キャリアが関与するものでは外部からのキャリアの注入によってそのターンオン電圧を制御することができる。またこれらの素子ではそのオン状態(低抵抗状態)において電極間に多数の電子-正孔プラズマが生成される。この際電極寸法を小さくし拡がり抵抗効果が効くようにしておくことプラズマは電極の周囲にかなりの拡がりを持って分布するようになる。本装置はこのような基本の負抵抗素子を半導体基板上にモノリシックに多数個配列し1個の素子のオン状態に生成する電子-正孔プラズマが隣接する素子の電極間に達しようように構成したもので素子のもつ上記の性質を利用してシフトレジスタ動作、各種の論理動作を可能としたものである。

製作法 基本となる負抵抗素子に適したものととしてシリコンを用いた単接合トランジスタ⁽²⁾およびこれにフック機構を附加したものの⁽³⁾(A形, B形とよぶ)を採用図1(a)(A形), 左(b)(B形)のように集積化に適したlateral構造とし、これを全図(c)の如くベース共通の形で配列する。A形でベース, コレクタ, B形でベース, コレクタおよびエミッタ, フック部をそれぞれ同時拡散して両形とも2工程の拡散で製作できる。コレクタ寸法および隣接素子間の距離は上記の条件を満たすように選んである。

実験結果 基本素子の負抵抗特性の1例として

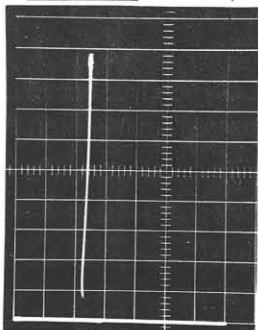


図2. $I_E: 0.2 \text{ mA}$, $V_{BE}: 0.5 \text{ V}$. (4) 10個ならべて形成した

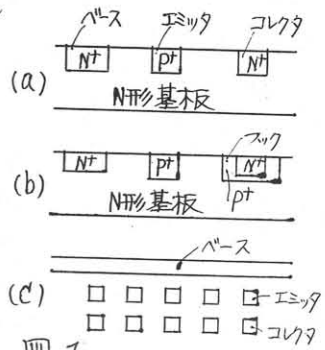


図1.

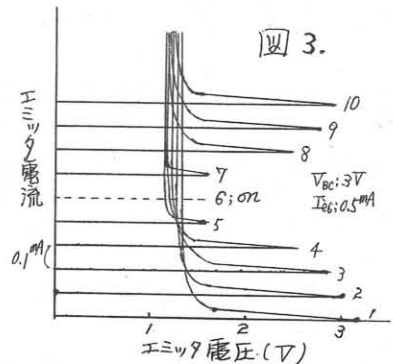


図3.

素子間のターンオン電圧のバラツキは±30 mV程度である。B形の場合にはフック部に電圧降下が集中するため左側のバイアス電圧に対してターンオン電圧がA形より高くなるが特性の均一度はさらによい。またこの素子はトランジスタとして動作させても良好な特性を示す。オン状態でコレクタ電極附近に電子-正孔プラズマが生成されることを再結合発光を高分解能で測定することにより確かめた。図3はB形で1個の素子をオンさせた時の他の素子のターンオン特性の変化を示すもので、オン状態の素子に近いものほどターンオン電圧の減少が著しいことが示されている。図4は相隣る2素子間の結合効果とダイナミクスを示すもので上がエミッタ電圧パルス、下が負荷抵抗を通じた右のエミッタ電圧波形である。左の素子をオン状態にし右の素子はターンオン電圧より低くバイアスしておくと(a)の如く両者が時間的に離れていれば右の素子はオンしないが(b)の如く充分近づけると右の素子もオンする。この状態で左の素子の電圧を下げてオフにすると右もオフ戻る(c)。

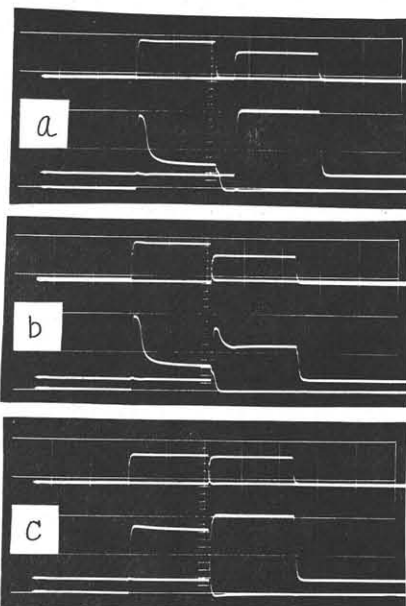


図4. 上5V/div, 下2V/div, 31μs/div, V_{cc}:3V, R_L:1kΩ

図5はシフトレジスタとして動作することを示したもので図6のような回路で三相のシフトパルスにより(素子のオン状態が(図5最上段)10番目の素子まで転送されている(最下段)と)がわかる。図7のようにコレクタ電極を非対称

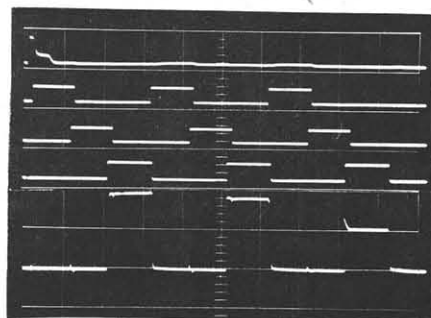


図5. 上5V/div, 最下段1V/div, 35μs/div



図7

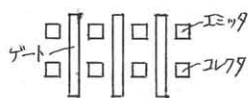


図8

にすると図3に示したターンオン電圧の低下が左右非対称となり、これにより三相のシフトパルスで転送が行なわれた。また図8のように素子間に

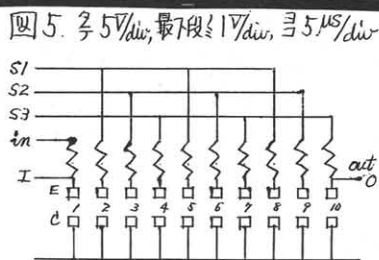


図6

設うけた素子電極によるゲート作用も確かめられ、これらによる諸種の論理動作が可能である。結言 以上で明らかになったこの装置の諸性質は素子本来有している記憶作用、光応答性と組合はせることにより多様な性能を持たせることが可能であり応用な応用が期待される。素子を製作していただいた小野室長はじめ集積加工研究室の方々、実験を手伝っていただいた高崎様に感謝します。

(1) W.S. Boyle & G.E. Smith, BSTJ, 49, 587(70), W.E. Engeler, J.J. Tiemann, R.D. Bawtlick, Appl. Phys. Lett., 12, 469(70) (2) I.A. Lesk & V.P. Mathis, IRE Conv. Rec., pt. 6, 2(53). (3) 片藤金雄, 通学誌, 44, 101(58) (4) 須藤, 水島, 電子学会論文集, 2337(59)